وزارت راه و ترابری

شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل

کمیته ابنیه فنی

«دستورالعمل»

ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن

زمستان ۱۳۸۲

« فهرست مندرجات »

عنوان	صفحه

۱- مقدمه

۱-۱- هدف از دستورالعمل "ضوابط ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن"، ایجاد شرایطی است که در آن نتایج زیر حاصل گردد:

- تولید بتن با مقاومت متوسط پیمانه‌های مختلف به فاصله مناسب بالاتر از مقاومت مشخصه مورد نیاز برای به حداقل رساندن تولید بتن ضعیف
- ترغیب پیمانکار به افزایش کنترل کیفیت بتن در مراحل انتخاب مصالح، ساخت و اختلاط بتن، حمل و بتن‌ریزی، نگهداری و عمل‌آوری بتن
- عدم پذیرش بتن‌های با مقاومت قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقاومت مشخصه مورد نیاز

۱-۲- در این دستورالعمل، تعاریف زیر برقرار است:

f_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن؛ مقاومتی است که حداقل ۹۵٪ کلیه مقاومتهای اندازه‌گیری شده برای طبقه بتن مورد نظر باید از آن بیشتر باشد.

طبقه بتن : کلاس یا رده بتن؛ همان مقاومت مشخصه آزمایش *۲۸ روزه بتن مورد نظر می‌باشد.

پیمانه : BATCH ؛ حجم هر اختلاط بتن که از مرکز تولید بتن به سمت محل نهایی مصرف حمل می‌گردد.

۲ - نحوه نمونه‌برداری

۲-۱- این دستورالعمل بر پایه نمونه‌برداری در قالبهای مکعبی به ابعاد ۲۰ سانتیمتر ارائه گردیده است. در هر نوبت بتن‌ریزی یکسری نمونه شامل تعداد ۵ نمونه (دو نمونه برای آزمایش *۷ روزه و ۳ نمونه برای *۲۸ روزه) تهیه شود و نمونه‌های ۷ روزه و یکی از نمونه‌های ۲۸ روزه از یک پیمانه و دو نمونه ۲۸ روزه دیگر هر کدام از پیمانه‌های مختلف باید گرفته شوند. نمونه‌های ۷ روزه تنها برای پیش‌بینی مقاومت بتن ۲۸ روزه می‌باشد و پس از نمونه گرفتن و انجام آزمایشهای لازم، نسبت مقاومت ۷ روزه به ۲۸ روزه (ضریب α)، توسط دستگاه نظارت تعیین می‌گردد. در بدو امر (قبل از انجام آزمایشها) این ضریب را می‌توان مساوی ۰/۶۷ در نظر گرفت. پس از اندازه‌گیری و ثبت روانی بتن (SLUMP)، اطلاعاتی بدین شرح روی هر نمونه باید درج گردد:

* - در این دستورالعمل هرجا به مقاومت ۷ و ۲۸ روزه اشاره شده است، برای سیمان تیپ ۵ مقاومت ۱۱ و ۴۲ روزه مورد نظر می‌باشد.

الف : کیلومتر محل احداث سازه

ب : تاریخ نمونه‌برداری

ج : محل مصرف و عضو سازه بتنی

د : شماره نمونه و نوع سیمان مصرفی

هـ : عبارتهای *۷ یا *۲۸ روزه. (روی دو نمونه عبارت ۷ روزه و روی سه نمونه دیگر عبارت ۲۸ روزه درج گردد.)

در صورت استفاده از نمونه‌های استوانه‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر و قطر ۱۵ سانتیمتر، باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۲۰ سانتیمتر یا ۱۵ سانتیمتر مطابق جدول ۲-۱ تبدیل شود.

(مقاومت نمونه استوانه‌ای ۳۰ *۱۵) × ϕ = مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵ یا ۲۰ سانتیمتر

جدول ۲-۱- ضریب تبدیل مقاومت نمونهٔ استوانه‌ای

مقاومت فشاری مکعبی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	۲۵۰ ≥	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۵۵۰
ϕ	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱
مقاومت فشاری استوانه‌ای ۱۵*۳۰ (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	۲۰۰ ≥	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰

۲-۲- نمونه‌ها باید از هر طبقه بتن با توزیع یکنواخت و در محل نهایی مصرف برداشته شوند. حجم نمونه‌گیری بر اساس نظر مهندسین مشاور تعیین می‌گردد ولی نباید از احجام مندرج در جدول ۲-۲ بیشتر باشد.

جدول ۲-۲- حداکثر حجم بتن برای هر نوبت نمونه‌برداری

نوع بتن	متر مکعب (m^3)
بتن غیرمسلح	۷۵
بتن مسلح	۵۰
بتن پیش‌تنیده	۳۰

۲-۳- در هر روز بتن‌ریزی حداقل یک سری نمونه به ازاء هر طبقه بتن برداشته شود.
تبصره: چنانچه در یک روز کمتر از سه پیمانه بتن ساخته شود، سری نمونه‌ها از همان پیمانه‌های تولیدی برداشته شود.

۲-۴- به ازاء هر معدن و هر فصل کار، پیمانکار موظف است با هماهنگی دستگاه نظارت ۴۵ روز قبل از شروع بتن‌ریزی حداقل ۱۰ نمونه مکعبی یا استوانه‌ای از بتن آزمایشی پیش‌بینی شده برای مصرف هر طبقه را (با توجه به طرح اختلاط مصوب) جهت آزمایش، در اختیار دستگاه نظارت قرار دهد.
برای هر طبقه بتن آزمایشی، پیمانکار باید حداقل اطلاعات مشروحه زیر را در اختیار دستگاه نظارت قرار دهد:

الف - عیار سیمان و درصد ماسه و شن در مخلوط بتن
ب - نتایج آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی و ارزش ماسه‌ای
ج - نوع مصالح سنگی (منابع رودخانه‌ای، سنگ شکسته)
د - محل منابع و معادن مصالح
هـ - نسبت آب به سیمان
و - نوع سیمان و آب مصرفی
ز - نوع و میزان مواد افزودنی

۲-۵- در صورت نیاز به نمونه برداری مغزه‌ای، باید استاندارد ASTM C42 مورد اقدام قرارگیرد و تعداد حداقل ۴ نمونه از محلهای بدون میلگرد قسمتهای مورد تردید گرفته شود.

۳- الزامات کنترل سیمان و طرح اختلاط بتن

۳-۱- دستگاه نظارت موظف است به ازای هر دویست و پنجاه تن سیمان از هر نوع تحویلی از هر کارخانه سیمان به کارگاه، نمونه تهیه و جهت کنترل کیفیت سیمان به آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک ارسال دارد.

۳-۲- مقاومت فشاری متوسط لازمی که به عنوان مبنای تعیین نسبتهای اختلاط بتن بکار می‌رود باید با توجه به انحراف استاندارد برابر باشد با:

$$f_{cm} = f_c + 1.64\sigma$$

f_{cm}: مقاومت فشاری متوسط تولیدی کارگاه
f_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن
σ : انحراف استاندارد بتن تولیدی

در بدو امر چنانچه اطلاعات کافی در مورد مقدار σ موجود نباشد، می‌توان آنرا برابر با f_c ۰/۲ فرض نمود. هرگاه اطلاعات مربوط به انحراف استاندارد حداقل ۳۰ نمونه متوالی از پیمانه‌های مختلف در دست باشد، مقدار σ برابر مقدار محاسبه شده از این نمونه‌ها باید انتخاب گردد. ولی این عدد در هر صورت (بدون تصویب کارفرما) نباید کمتر از ۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع اختیار شود.

۴- وظایف دستگاه نظارت و آزمایشگاه

هر یک از نمونه‌های بتنی اخذ شده بشرح ردیفهای فوق‌الذکر، باید در راس مدت قید شده بر روی نمونه (۷* روزه برای دو نمونه و ۲۸* روزه برای سه نمونه دیگر)، تحت آزمایش فشاری قرار گیرند. در این مرحله رعایت موارد زیر الزامی است:

۴-۱- نمونه‌برداری از عملیات بتنی باید توسط مامور واجد شرایط آزمایشگاه و در حضور نماینده دستگاه نظارت به طور صحیح و طبق استاندارد (ASTM C172 یا BS 1881) انجام گردد.

۴-۲- آزمایشگاه موظف است نمونه‌های بتن را در شرایط استاندارد (ASTM C172 یا BS 1881) حفظ و نگهداری نماید.

۴-۳- دستگاه نظارت موظف به کنترل نحوه نگهداری آزمایشگاه از نمونه‌های بتن می‌باشد.

۴-۴- دستگاه نظارت موظف است حجم بتن‌ریزی، محل مصرف و مقاومتهای فشاری مشخصه بتن مورد نظر را به تفکیک هر یک از اعضاء ابنیه فنی، جهت درج در اوراق آزمایش، به آزمایشگاه ابلاغ نماید.

۴-۵- آزمایشگاه باید آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های بتنی ۷* و ۲۸* روزه و حسب مورد نمونه‌های مغزه‌ای (core) را در حضور نماینده دستگاه نظارت و نماینده پیمانکار انجام دهد.
تبصره – عدم حضور نماینده پیمانکار و نماینده مشاور در موقع انجام آزمایش مقاومت فشاری، حقی برای ادعا ایجاد نمی‌نماید.

۴-۶- آزمایشگاه موظف است نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه بتنی ۷* روزه را حداکثر ظرف مدت ۲۴ ساعت به دستگاه نظارت گزارش نماید.

۴-۷- اوراق گزارش مقاومت فشاری بتن باید به زبان فارسی تنظیم و علاوه بر کلیه اطلاعات مندرج در بند ۲-۱ اطلاعات زیر نیز در آن درج گردد:

الف – نوع، ابعاد، حجم، وزن و وزن مخصوص نمونه

ب – تاریخ آزمایش و سن نمونه در موقع آزمایش

ج – سطح بارگذاری و حداکثر بار وارده

د – مقاومت فشاری به دست آمده و مقاومت مشخصه مورد نیاز

۵- ضوابط ارزیابی مقاومت بتن

۵-۱- چنانچه مقاومت متوسط دو نمونه *۷ روزه کمتر از $\alpha(f_c + 0.25\sigma)$ باشد که در آن ضریب α برابر با نسبت مقاومت بتن نمونه *۷ روزه به *۲۸ روزه است، ادامه بقیه عملیات اجرایی قسمت مربوطه تا وصول نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های *۲۸ روزه متوقف خواهد شد و پیمانکار مکلف است برای شروع مجدد بقیه عملیات آن قسمت، از دستگاه نظارت مجوز کتبی اخذ نماید.

۵-۲- ملاک عمل در تعیین مقاومت بتن هر یک از اعضاء ابنیه فنی، نتایج مقاومتهای فشاری نمونه‌های *۲۸ روزه است.

۵-۳- مشخصات بتن در صورتی منطبق بر طبقه مورد نظر و قابل قبول تلقی می‌شود که در آزمایش هر سه نمونه متوالی، هر دو رابطه زیر برآورده گردد:

$$\bar{f}_3 \geq f_c + 0.25\sigma \qquad (۵-۱- الف)$$

$$f_{min} \geq 0.85 f_c \qquad (۵-۱- ب)$$

f_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن

$\bar{f}_3$: متوسط مقاومت فشاری سه نمونه متوالی

f_{min} : حداقل مقاومت سه نمونه متوالی

σ : انحراف استاندارد بتن تولید شده در کارگاه

۵-۴- چنانچه روابط بند ۵-۳ برآورده نشود ولیکن روابط حداقل زیر برآورده گردد به پیمانکار اخطار کتبی داده خواهد شد تا نسبت به اصلاح طرح اختلاط اقدام نماید:

$$\bar{f}_3 \geq f_c \qquad (۵-۲- الف)$$

$$f_{min} \geq 0.85 f_c \qquad (۵-۲- ب)$$

۵-۵- چنانچه مقاومت بتن در آزمایش هر سه نمونه متوالی بر اساس روابط زیر باشد، پیمانکار مشمول جریمه و درج اخطار کتبی در پرونده می‌شود.

$\bar{f}_3 \geq 0.95 f_c$ (۵-۳- الف)

$f_{min} \geq 0.85 f_c$ (۵-۳- ب)

در این حالت ضریب جریمه براساس جدول ۵-۱ و یا از طریق رابطه ۵-۴ محاسبه شده و سپس میزان جریمه پیمانکار از رابطه ۵-۵ بدست می‌آید و از مطالبات پیمانکار کسر می‌شود.

$$p(\bar{f}_3) = 26.682x^2 - 55.927x + 29.247$$ (۵-۴)

$$x = \frac{\bar{f}_3}{f_c}$$

$$R = p(\bar{f}_3).\sum c$$ (۵-۵)

جدول ۵-۱- ضریب جریمه پیمانکار

$\frac{\bar{f}_3}{f_c}$	$p(\bar{f}_3)$
۱	۰
۰/۹۹	۰/۰۳
۰/۹۸	۰/۰۶۵
۰/۹۷	۰/۱۰۵
۰/۹۶	۰/۱۵
۰/۹۵	۰/۲

R : مبلغ جریمه که باید از مطالبات پیمانکار کسر شود

f_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن

$\bar{f}_3$: متوسط مقاومت فشاری سه نمونه متوالی

$\sum c$: بهای عملیات خارج از مشخصات شامل کلیه اقلامی است که منجر به تهیه عضو بتنی(با لحاظ کلیه ضرایب قرارداد، تعدیلها و ترمیمها) می‌شود اعم از تهیه بتن (شن، ماسه، سیمان، آب و ...)، تهیه میلگرد (حمل، خم کردن، نصب، جاگذاری و...)، قالب‌بندی و کلیه هزینه‌های مابه‌التفاوت متعلق از قبیل مصالح وحمل

۵-۶- چنانچه حداقل شرایط مندرج در بند ۵-۵ نیز تأمین نشود، پیمانکار مشمول درج اخطار کتبی در پرونده شده و بتن "غیرقابل قبول" محسوب می‌گردد و ضوابط بند ۶ اعمال می‌شود.

۶- بتن‌های غیر قابل قبول (موضوع بند ۵-۶)

۶-۱- هریک از اعضای بتنی که مطابق این دستورالعمل بتن غیر قابل قبول باشند، در صورت عدم احراز شرایط استفاده از مندرجات بندهای۶-۲ و ۶-۳، با نظر دستگاه نظارت باید تخریب و بازسازی شده و صورتمجلس گواهی انجام تخریب و بازسازی آن قسمت تهیه و با امضای دستگاه نظارت و پیمانکار به کارفرما گزارش شود. بدیهی است بهای ساخت اولیه و تخریب قسمت تخریب شده به پیمانکار پرداخت نمی‌گردد.

۶-۲- در مواردی که نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های بتن *۷ روزه قابل قبول ولی نتایج آزمایش نمونه‌های بتن*۲۸ روزه غیر قابل قبول باشند، بشرطی که نتایج آزمایش مقاومت *۲۸ روزه هر یک از سه نمونه متوالی بیش از $0.85f_c$ باشد، چنانچه پیمانکار حداکثر ظرف مدت ۱۵ روز از تاریخ اعلام نتایج با ارائه محاسبات نشان دهد که مقاومت فشاری فوق‌الذکر هیچگونه خطری برای سازه ندارد و درخواست عدم تخریب آن بخش سازه را بنماید، در صورت تأیید دستگاه نظارت و ارسال مدارک به کارفرما مشمول جریمه طبق رابطه ۵-۵ با اعمال ضریب جریمه بر اساس جدول ۶-۱ می‌شود، در غیر این صورت مطابق بند ۶-۱ عمل خواهد شد.

جدول۶-۱- ضریب جریمه پیمانکار

$p(\bar{f}_3)$	$\frac{\bar{f}_3}{f_c}$
۰/۲۵۵	۰/۹۴
۰/۳۱۵	۰/۹۳
۰/۳۸	۰/۹۲
۰/۴۵	۰/۹۱
۰/۵۲۵	۰/۹۰
۰/۶۰۵	۰/۸۹
۰/۶۹	۰/۸۸
۰/۷۸	۰/۸۷
۰/۸۸	۰/۸۶
۱	۰/۸۵

۶-۳- در مواردی که نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های بتن *۷ روزه قابل قبول ولی نتایج آزمایش نمونه‌های بتن*۲۸ روزه غیر قابل قبول باشند، در صورت اعتراض پیمانکار به نتایج آزمایشها با واریز هزینه آزمایشهای نمونه‌برداری مغزه‌ای (core) به حساب آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک حداکثر ظرف مدت ۱۵ روز از تاریخ اعلام نتایج، نمونه‌برداری مغزه‌ای از قسمتهایی که احتمال وجود بتن غیرقابل‌قبول داده می‌شود با حضور نماینده دستگاه نظارت صورت گرفته و بر نمونه‌های اخذ شده آزمایش مقاومت فشاری مطابق استاندارد (ASTM C42) انجام می‌گیرد و در صورتی که نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های مغزه‌ای (که به مقاومت مکعبی معادل تبدیل شده‌اند) همچنان غیر قابل قبول باشند، طبق بند ۶-۱ عمل خواهد شد.